ارزیابی تحمل به تنش رطوبتی آخر فصل در ۲۰ لاین امید بخش جو

مهدی زاهدی نو[۱]، سید سعید موسوی[۲*]، مهرداد چایچی[۳]، حجت اله مظاهری لقب[۴] و محمدرضا عبداللهی[۲]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
۲. استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
۳. مربی پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، ایران
۴. دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

***نویسنده مسئول:**

E-mail: s.moosavi@basu.ac.ir

تاریخ وصول: ۱۳۹۱/۱۱/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۶/۱۳

چکیده

به منظور ارزیابی اثر تنش رطوبتی آخر فصل بر ۲۰ لاین امید بخش جو و جهت تعیین میزان تحمل نسبی آن‌ها بر اساس شاخص‌های قدیم و جدید، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو شرایط عدم تنش و تنش رطوبتی در سال زراعی ۱۳۹۰- ۱۳۸۹ انجام شد. در این پژوهش، برخی از شاخص‌های قدیمی از جمله SSI، TOL، MP، GMP، STI، RDI و دو شاخص جدید یعنی شاخص درصد حساسیت به خشکی (SSPI) و شاخص محصول محیط غیر تنش و تنش (SNPI) مورد استفاده قرار گرفت. نتایج تجزیه همبستگی نشان داد که عملکرد دانه در شرایط عدم تنش (Y_P) و تنش رطوبتی (Y_S) با شاخص‌های MP، GMP، STI و SNPI همبستگی بالا و معنی‌داری دارد. بنابراین این شاخص‌ها به عنوان بهترین شاخص‌ها جهت گزینش لاین‌های با عملکرد بالا در شرایط عدم تنش و تنش رطوبتی در این آزمایش انتخاب شدند. نتایج حاصل از تجزیه به مولفه‌های اصلی بیانگر این بود که به طور نسبی لاین‌های شماره ۹، ٤ و ٦ مقاوم‌ترین و لاین‌های شماره ۱۳، ۱٦ و ۱۷ حساس‌ترین لاین‌ها به تنش رطوبتی آخر فصل می‌باشند. همچنین، نتایج نمودار بای‌پلات حاکی از این بود که شاخص‌های MP، GMP، STI و به ویژه شاخص SNPI بیشترین هم راستایی را با Y_S دارند، بنابراین، بهترین شاخص‌ها جهت شناسایی لاین‌های نسبتا مقاوم با عملکرد بالا در شرایط تنش رطوبتی هستند. بر اساس نتایج بدست آمده از نمودار تجزیه خوشه‌ای، لاین‌های مورد آزمایش به طور کلی در دو خوشه تقسیم‌بندی شدند، به طوری که لاین‌های حساس و نسبتا حساس در خوشه اول و لاین‌های مقاوم و نسبتا مقاوم در خوشه دوم قرار گرفتند. در پایان اظهار می‌گردد که در شرایط این آزمایش شاخص‌های SNPI، STI، GMP و MP به ترتیب به عنوان بهترین شاخص‌ها و لاین‌های شماره ۹، ٤ و ٦ به ترتیب به عنوان مقاوم‌ترین لاین‌ها معرفی شدند.

واژه‌های کلیدی: تنش رطوبتی آخر فصل، جو، شاخص‌های مقاومت به خشکی

مقدمه

جو یکی از غلات است که دارای فصل رشد کوتاه و عملکرد بالقوه بالایی است و در طیف اکولوژیکی وسیع تری از شرایط آب و هوایی نسبت به سایر غلات قابل کشت می‌باشد (۳). تنش‌های گرما و خشکی از اصلی‌ترین عوامل محیطی محدود کننده تولید دانه غلات در دیم‌زارهای مناطق گرم و خشک می‌باشند. بروز تنش رطوبتی در انتهای فصل رشد، به ویژه در مناطقی که وزش بادهای گرم و خشک در مرحله پر شدن دانه نیز مرسوم است، باعث چروکیدگی و در نتیجه، کاهش وزن دانه‌ها می‌شود (۳٤ و ۲۳). از آنجا که جو دارای ژنوتیپ‌های مختلف با دامنه تحمل متفاوت در برابر تنش خشکی است، بنابراین جهت استفاده بهتر از آب موجود در هر منطقه، شناسایی ارقام نسبتا متحمل با سازگاری بالا لازم و ضروری می‌باشد (۳۲). در تحقیقات صورت گرفته روش های مختلفی برای انتخاب ارقام مقاوم به خشکی پیشنهاد شده است، به طوری که برخی از محققین انتخاب تحت شرایط عدم تنش را برای بهبود تحمل و مقاومت نسبی پیشنهاد داده‌اند (۲۷ و ۲۹)، دیگر محققین انتخاب تحت شرایط تنش را ارائه کرده‌اند (۲۸ و ۲۱). در حالی که، تعدادی دیگر از آن‌ها انتخاب تحت هر دو شرایط عدم تنش و تنش را پیشنهاد نموده‌اند (۱٦، ۱۷ و ۲۵). ریچاردز و لوکاس (۲۰۰۲) به انتخاب براساس عملکرد در شرایط مطلوب آبیاری، به عنوان یک روش مفید برای بهبود عملکرد در شرایط تنش رطوبتی، معتقدند. بر خلاف عقیده محققین فوق، بلوم (۱۹۹٦) اظهار داشت که ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در شرایط عدم تنش ممکن است که مقاوم به تنش نباشند چرا که افزایش عملکرد در این ژنوتیپ‌ها ممکن است صرفا بخاطر پتانسیل عملکرد بالای آن‌ها باشد. تاکنون شاخص‌های مختلفی برای ارزیابی میزان تحمل و مقاومت نسبی گیاهان زراعی نسبت به انواع تنش‌های غیر زنده مورد استفاده قرار گرفته است، در این راستا

۱)- شاخص حساسیت به تنش Stress Susceptibility Index (SSI) توسط فیشر و مورر در سال ۱۹۷۸ پیشنهاد شد:

$$SSI = [(1- (Y_S/ Y_P))] / [(1- (\bar{Y}_S/\bar{Y}_P))]$$

۲)- شاخص تحمل Tolerance Index (TOL) و میانگین بهره‌وری Mean Productivity (MP)، که توسط روزیل و همبلین در سال ۱۹۸۱ تعریف شد:

$$MP = [Y_P + Y_S] / 2$$
$$TOL = [Y_P - Y_S]$$

(Yp = Potential Yield and Ys = Stress Yield)

۳)- شاخص تحمل تنش Stress Tolerance Index (STI) و شاخص میانگین هندسی محصول Geometric Mean Productivity (GMP) که فرناندز در سال ۱۹۹۲ معرفی کرد و عبارتند از:

$$STI = [Y_P*Y_S] / [\bar{Y}_P*\bar{Y}_P]$$

$$GMP = [Y_P*Y_S]^{1/2}$$

٤)- فیشر در سال ۱۹۷۹ شاخص خشکی نسبی Relative Drought Index (RDI) را ارائه داد که از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$RDI = [Y_S/ Y_P] / [\bar{Y}_S/ \bar{Y}_P]$$

شاخص‌های بالا در مطالعات زیادی استفاده شده‌اند ولی بیشتر آن‌ها معایبی دارند، خصوصا نمی‌توانند گروه‌های فرناندزی را به راحتی مجزا سازند (۲۵). در این راستا موسوی و همکاران (۲۰۰۸) اظهار داشتند، ژنوتیپی که دارای کمترین تغییرات عملکرد در دو شرایط تنش و عدم تنش باشد، یک ژنوتیپ نسبتا متحمل Relatively Tolerant Genotype است، در حالی‌که، یک ژنوتیپ که تغییرات عملکردش در دو شرایط محیطی کم یا حداقل است و همچنین دارای عملکرد بالا و قابل قبول در هر دو شرایط تنش و عدم تنش باشد، یک ژنوتیپ نسبتا مقاوم Relatively Resistance Genotype است. در این تحقیق آن ها سه شاخص جدید با کارایی نسبی بهتر معرفی کردند که عبارت بودند از: ٦)- شاخص تحمل تنش‌های غیر زنده Abiotic Tolerance index (ATI)، ۷)- شاخص درصد حساسیت به تنش Stress Susceptibility Percentage

(SSPI) Index که این دو شاخص، توانایی جداسازی ژنوتیپ‌های نسبتا متحمل از غیرمتحمل‌ها را بهتر از شاخص‌های قبلی داشتند و همچنین ۸)- شاخص میزان محصول محیط غیرتنش و تنش Stress Non-stress Production Index(SNPI)، که قادر به جداسازی ژنوتیپ های گروه A است و تاکید بر عملکرد بالا و پایدار در دو محیط، به ویژه عملکرد محیط تنش را دارد، که این شاخص‌ها از طریق روابط زیر محاسبه می‌شوند:

$$SSPI = [100] * \left[\frac{Y_P - Y_S}{2(\overline{Y}_P)}\right]$$

$$ATI = [(Y_P - Y_S)/(\overline{Y}_P - \overline{Y}_S)] * \left|\sqrt{Y_P * Y_S}\right|$$

$$SNPI = \left|\sqrt[3]{(Y_P + Y_S)/(Y_P - Y_S)}\right| * \left|\sqrt[3]{Y_P * Y_S * Y_S}\right|$$

در روابط بالا Y_S، Y_P، $\overline{Y}_S$ و $\overline{Y}_P$ به ترتیب عملکرد در شرایط تنش و عدم تنش برای هر لاین و میانگین عملکرد در شرایط تنش و عدم تنش برای کلیه لاین‌ها است. در این پژوهش همچنین از شاخص درصد تغییرات صفت عملکرد نیز استفاده شد که به شرح زیر محاسبه گردید:

درصد تغییرات عملکرد هر لاین = [(میزان عملکرد هر لاین در شرایط بدون تنش) – (میزان عملکرد هر لاین در شرایط تنش) / (میزان عملکرد هر لاین در شرایط بدون تنش)] × ۱۰۰

مقدم و هادی‌زاده (۱۳۸۱) اظهار داشتند که شاخص STI از مزایای بیشتری جهت انتخاب ارقام مطلوب در هر دو شرایط تنش رطوبتی و عدم تنش برخوردار است. حصادی (۲۰۰۶) در آزمایشی با استفاده از ژنوتیپ‌های جو نتیجه گرفت که شاخص‌های میانگین بهره‌وری، شاخص تحمل تنش، میانگین هارمونیک و شاخص میانگین هندسی بهره‌وری برای انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا و تحمل کننده تنش خشکی مناسب هستند. گلپرور (۲۰۰۰) در بررسی گندم‌های نان کلکسیون در شرایط تنش و بدون تنش گزارش کرد که شاخص‌های GMP، STI و MP همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد ژنوتیپ در شرایط تنش و عدم تنش داشتند و به همین دلیل به عنوان بهترین شاخص‌ها شناخته شدند. همچنین محمدی و همکاران (۱۳۸۷) اظهار داشتند که ژنوتیپ‌های با میزان بالای شاخص‌های GMP و STI و میزان کم SSI بعنوان ژنوتیپ های متحمل شناخته شدند. البته باید در نظر داشت که عملکرد بالا در شرایط تنش، به تنهایی نمی‌تواند بیانگر مقاومت به خشکی یک ژنوتیپ باشد، زیرا جنبه فرار از خشکی و توانایی ژنوتیپی نیز باید مورد توجه قرار گیرد (۵). با توجه به گستردگی سطح زیر کشت جو در ایران و همچنین اهمیت شناسایی ژنوتیپ‌های سازگارتر نسبت به تنش رطوبتی آخر فصل رشد، هدف اصلی این تحقیق شناسایی لاین‌های متحمل‌تر مورد نظر در این آزمایش در شرایط اکولوژیکی همدان و تعیین بهترین شاخص‌های انتخاب می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی اثر تنش رطوبتی آخر فصل روی ۲۰ لاین امید بخش جو (جدول ۱) و جهت تعیین میزان تحمل نسبی آن‌ها، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو شرایط عدم تنش و تنش رطوبتی آخر فصل در سال زراعی ۱۳۹۰- ۱۳۸۹ در مزرعه مرکز تحقیقات استان همدان انجام شد. هر لاین در هر تکرار به صورت دو پشته ۵ متری که فاصله آن‌ها از هم ۶۰ سانتی‌متر بود و در روی هر پشته ۳ ردیف کاشت وجود داشت کشت گردید. در ابتدا و انتهای هر بلوک نیز دو پشته به عنوان حاشیه در نظر گرفته شد. سیستم آبیاری استفاده شده از نوع نشتی بوده که برای سبز شدن و رشد گیاهچه‌ها عمل آبیاری در هر دو شرایط عدم تنش و تنش رطوبتی هر ۷ روز یکبار انجام شد. به منظور ایجاد شرایط تنش رطوبتی، عمل قطع آبیاری از زمان شروع مرحله سنبله‌دهی (اواخر اردیبهشت) اعمال شد و تا پایان دوره رسیدگی دانه ادامه داشت، به طوری که بر اساس اطلاعات هواشناسی (جدول ۲) پس از این مرحله بارندگی موثری صورت نگرفت.

جدول ۱- نام/ شجره و تعداد ردیف در سنبله لاین‌های جو مورد استفاده در آزمایش

لاین	شجره	تعداد ردیف در سنبله
۱	Bahman (WA 2196-68/NY6005-18, F1//ScotiaI)	شش ردیفه
۲	Bahtim 7DL/79-W40762//Deir Alla106	شش ردیفه
۳	Pamir-010/Sahara-3768	دو ردیفه
۴	Pamir-065/Pamir-149	دو ردیفه
۵	Legia/Beecher	شش ردیفه
۶	Pamir-013/Sonata	دو ردیفه
۷	Oykor/Dobrinya	شش ردیفه
۸	Sls/Bda//Sararood-1	دو ردیفه
۹	Bereke-54	شش ردیفه
۱۰	Manitou//Alanda/Zafraa	شش ردیفه
۱۱	Pamir-146//YEA389-3/YEA475-4	دو ردیفه
۱۲	Alpha/Durra//Pamir-160	شش ردیفه
۱۳	Rhn-03//Lignee527/NK1272/5/Lignee527/Chn-01/4/Lignee527	شش ردیفه
۱۴	Manitou//Alanda/Zafraa	دو ردیفه
۱۵	Pamir-168	دو ردیفه
۱۶	Productiv/3/Roho//Alger/Ceres362-1-1	شش ردیفه
۱۷	Belt67-1608/Slr/3/Dicktoo/Cascade//Hip/4/Antares/Ky63-1294	دو ردیفه
۱۸	U.Sask.1766/Api//Cel/3/Weeah/4/Lignee527/NK1272/5/Express	شش ردیفه
۱۹	TWWd85-37/Kavir	شش ردیفه
۲۰	Rhn-03//L.527/NK1272	شش ردیفه

جدول ۲- میانگین بارندگی و دما بعد از اعمال تنش رطوبتی

ماه اعمال تنش رطوبتی	میانگین بارندگی بر حسب میلی‌متر در ماه	میانگین دمای ماه بر حسب درجه سانتی‌گراد
خرداد ماه	۱/۳	۲۰
تیر ماه	۰/۹	۲۴/۲

جدول ۳- درصد تغییرات صفت عملکرد در دو شرایط عدم تنش و تنش برای لاین‌های مختلف

رتبه	درصد تغییرات عملکرد	شماره لاین	رتبه	درصد تغییرات عملکرد	شماره لاین
۱۱	۳۷/۱۴	۱۱	۱۹	۴۹/۳۸	۱
۱۵	۴۳/۹۶	۱۲	۱	۱۲/۸۸	۲
۱۸	۴۸/۷۷	۱۳	۵	۲۴/۴۷	۳
۷	۳۰/۳۳	۱۴	۳	۱۷/۶۶	۴
۸	۳۳/۵۲	۱۵	۹	۳۳/۶۵	۵
۱۳	۴۱/۳۹	۱۶	۴	۲۳/۷۱	۶
۱۴	۴۳/۸۳	۱۷	۱۲	۳۹/۶۹	۷
۲۰	۵۱/۵۱	۱۸	۱۰	۳۵/۷۸	۸
۱۶	۴۶/۱۹	۱۹	۶	۲۵/۸۱	۹
۱۷	۴۶/۳۴	۲۰	۲	۱۳/۸۷	۱۰

در این تحقیق صفت عملکرد دانه در شرایط عدم تنش و تنش خشکی، شاخص درصد تغییرات صفت عملکرد در لاین‌های مختلف و همچنین برخی از شاخص‌های تحمل به خشکی از جمله، شاخص های SSI، TOL، MP، GMP، STI، RDI، SSPI و SNPI بر مبنای عملکرد دانه در واحد سطح محاسبه شدند. برای تعیین بهترین شاخص‌ها، از همبستگی بین عملکرد دانه در شرایط عدم تنش و تنش رطوبتی با شاخص‌های تحمل به تنش استفاده گردید. در ادامه عمل تجزیه به مولفه‌های اصلی برای شاخص‌های مورد مطالعه انجام شد و با توجه به روابط شاخص‌ها و مولفه‌های مورد بررسی، نمودار بای‌پلات برای شناسایی لاین‌های نسبتا مقاوم و حساس به تنش رطوبتی آخر فصل ترسیم گردید. همچنین، برای گروهبندی لاین‌ها نمودار تجزیه خوشه‌ای مورد استفاده قرار گرفت. کلیه محاسبات مربوط به تجزیه و تحلیل آماری توسط نرم افزارهای SAS و Minitab انجام شد.

نتایج و بحث

در این تحقیق، مهمترین صفت مورد بررسی عملکرد دانه در هکتار در دو شرایط تنش (Y_S) و غیرتنش (Y_P) بود که با اندازه‌گیری آن میزان تغییرات آن برای هر لاین و شاخص‌های مختلف تحمل به خشکی محاسبه گردید.

درصد تغییرات عملکرد، یکی از شاخص‌های مهم جهت ارزیابی میزان تغییرات عملکرد در شرایط نرمال نسبت به شرایط تنش می‌باشد. در واقع هر چه مدت و شدت تنش بیشتر و لاین حساس‌تر باشد درصد این تغییرات بیشتر است و هرچه این درصد در لاینی کمتر باشد، آن لاین متحمل‌تر می‌باشد. نتایج (جدول ۳) نشان داد که از نظر این شاخص، لاین‌های شماره ۲، ۱۰ و ٤ به ترتیب با داشتن درصد تغییراتی برابر با ۱۲/۸۸، ۱۳/۸۷ و ۱۷/٦٦ درصد دارای کمترین درصد تغییرات و لاین‌های شماره ۱۸، ۱ و ۱۳ هم به ترتیب با درصد تغییراتی برابر با ۵۱/۵۱، ٤۹/۳۸ و ٤۸/۷۷، دارای بیشترین میزان درصد تغییرات عملکرد در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط عدم تنش بودند. بنابراین، بر اساس این معیار می‌توان لاین‌های شماره ۲، ۱۰ و ٤ را لاین‌های نسبتا متحمل و لاین‌های شماره ۱۸، ۱ و ۱۳ را لاین‌های نسبتا حساس معرفی کرد. محققین دیگری نیز درصد تغییرات صفات مختلف را محاسبه و تفاوت ارقام را بر اساس آن بررسی کردند (۸، ۲ و ۱۲).

نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین صفت عملکرد دانه در دو شرایط عدم تنش و تنش خشکی

نتایج تجزیه واریانس (جدول ٤)، نشان داد که لاین‌ها از نظر صفت عملکرد دانه در هر دو شرایط عدم تنش و تنش خشکی در سطح آماری ۱ درصد تفاوت معنی‌داری داشتند که این بیانگر تنوع لاین‌ها از نظر صفت مهم عملکرد دانه می‌باشد. در شرایط عدم تنش (جدول ۵)، بیشترین مقدار عملکرد دانه در لاین‌های ۹، ۸ و ۱۸ و کمترین آن در لاین‌های ۱۰، ۲ و ۵ به دست آمد. همچنین در شرایط تنش خشکی (جدول ۵)، بیشترین عملکرد در لاین‌های ۹، ٦ و ٤ و کمترین آن در لاین‌های ۱۳، ۱٦ و ۱۷ مشاهده شد. مسلما کمبود آب در مراحل مختلف رشد، فعالیت‌های فیزیولوژیکی گیاه جو را تحت تاثیر قرار می‌دهد، اما در صورتی که گیاه در دوره رشد زایشی با تنش خشکی مواجه شود، نسبت به دوره رشد رویشی بیشتر تحت تاثیر قرار می‌گیرد و این امر باعث می‌شود عملکرد به میزان قابل توجهی کاهش یابد (۲۲).

همبستگی ساده بین شاخص های مختلف و عملکرد دانه در دو شرایط عدم تنش و تنش خشکی

طبق نظر فرناندز (۱۹۹۲)، ژنوتیپ‌ها بر اساس میزان عملکردشان در محیط‌های عدم تنش و تنش به چهار گروه تقسیم می‌شوند. گروه A : ژنوتیپ‌هایی که در هر دو محیط تظاهر مطلوب و یکسانی دارند؛ گروه B : ژنوتیپ‌هایی که فقط در محیط عدم تنش تظاهر خوبی دارند؛

جدول٤- جدول تجزیه واریانس صفت عملکرد دانه در شرایط عدم تنش و تنش خشکی

		میانگین مربعات	
منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه در شرایط عدم تنش	عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی
بلوک	۲	۲/۲۵*	۰/۷۴*
لاین	۱۹	۲/۳۹**	۱/۷۱**
خطای آزمایشی	۳۸	۰/۵۷	۰/۵۵
ضریب تغییرات		۱۴/۶۵	۱۸/۸۷

جدول ۵- مقایسه میانگین صفت عملکرد دانه در شرایط عدم تنش و تنش خشکی

		میانگین‌ها	
تیمارهای آزمایشی		عملکرد دانه در شرایط عدم تنش(t/ha)	عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی (t/ha)
	۱	۶/۰۹ abc	۳/۰۸ cde
	۲	۴/۱۵ ef	۳/۶۱ bcde
	۳	۴/۶۱ def	۳/۴۸ bcde
	۴	۵/۴۰ bcde	۴/۴۴ abc
	۵	۴/۲۸ ef	۲/۸۴ de
	۶	۵/۹۹ abcd	۴/۵۷ ab
	۷	۵/۵۹ be	۳/۳۷ bcde
	۸	۶/۶۲ ab	۴/۲۵ abcd
	۹	۷/۱۶ a	۵/۳۱ a
شماره لاین	۱۰	۳/۸۳ f	۳/۳۰ bcde
	۱۱	۶/۰۴ abcd	۳/۸۰ bcde
	۱۲	۵/۲۱ bcdef	۲/۹۲ de
	۱۳	۴/۷۶ cdef	۲/۴۳ e
	۱۴	۴/۵۷ def	۳/۱۸ bcde
	۱۵	۵/۱۷ bcdef	۳/۴۴ bcde
	۱۶	۴/۳۱ ef	۲/۵۲ e
	۱۷	۴/۵۹ def	۲/۵۸ e
	۱۸	۶/۲۲ abc	۳/۰۱ cde
	۱۹	۵/۱۲ cdef	۲/۷۵ e
	۲۰	۵/۵۲ bcde	۲/۹۶ de

جدول ٦- همبستگی شاخص‌های تحمل به خشکی و عملکرد در دو شرایط عدم تنش و تنش خشکی

	Y_P	Y_S	SSI	TOL	MP	GMP	STI	RDI	SSPI	SNPI
Y_P	۱									
Y_S	۰/۶۱**	۱								
SSI	۰/۲۵	-۰/۵۹**	۱							
TOL	۰/۵۸**	-۰/۲۸	۰/۹۲**	۱						
MP	۰/۹۱**	۰/۸۷**	-۰/۱۴	۰/۲۰	۱					
GMP	۰/۸۶**	۰/۹۲**	-۰/۲۴	۰/۱۰	۰/۹۹**	۱				
STI	۰/۸۵**	۰/۹۲**	-۰/۲۵	۰/۰۸	۰/۹۸**	۰/۹۹**	۱			
RDI	-۰/۲۵	۰/۵۹**	-۱**	-۰/۹۲**	۰/۱۴	۰/۲۴	۰/۲۵	۱		
SSPI	۰/۵۸**	-۰/۲۸	۰/۹۲**	۱**	۰/۲۰	۰/۱۰	۰/۰۸	-۰/۹۲**	۱	
SNPI	۰/۳۴*	۰/۹۴**	-۰/۸۱**	-۰/۵۵*	۰/۶۸**	۰/۷۴**	۰/۷۵**	۰/۸۱**	-۰/۵۵*	۱

گروه C : ژنوتیپ‌هایی که فقط در محیط تنش تظاهر خوبی دارند و گروه D : ژنوتیپ‌هایی که در هر دو محیط تظاهر ضعیف دارند. طبق معیار فرناندز، مناسب‌ترین معیار برای تنش باید بتواند ژنوتیپ‌های گروه اول را از سایر گروه‌ها تفکیک نماید. با توجه به این که بهترین شاخص، شاخصی است که علاوه بر داشتن همبستگی معنی‌دار با عملکرد در شرایط تنش و عدم تنش رطوبتی، بتواند ژنوتیپ‌های گروه A را از سایر گروه‌ها تمیز دهد. بنابراین به منظور تعیین بهترین شاخص، همبستگی بین عملکرد در شرایط تنش و عدم تنش خشکی با شاخص‌های تحمل به خشکی محاسبه گردید. نتایج (جدول ٦) نشان داد که بین عملکرد دانه در شرایط عدم تنش و تنش خشکی با شاخص‌های تحمل به خشکی، همبستگی بالا و معنی‌داری وجود دارد، به طوری که بین عملکرد دانه در شرایط عدم تنش با شاخص‌های TOL، MP، GMP، STI و SSPI در سطح آماری ۱ درصد و با شاخص SNPI در سطح ۵ درصد همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت. در شرایط تنش خشکی نیز بین عملکرد دانه با شاخص‌های MP، GMP، STI، RDI و SNPI در سطح آماری ۱ درصد همبستگی مثبت و معنی‌دار و بین عملکرد دانه در این شرایط با شاخص SSI همبستگی منفی و معنی‌داری مشاهده گردید. بر اساس نتایج بدست آمده (جدول ٦) شاخص‌های MP، GMP، STI و SNPI به عنوان بهترین شاخص‌های تحمل به خشکی برای لاین‌های جو مورد بررسی در شرایط این تحقیق انتخاب شدند. بنابراین، لاین‌هایی که مقدار بالایی از این شاخص‌ها را داشته باشند به عنوان لاین‌های نسبتا مقاوم شناخته می‌شوند. نکته قابل توجه در مورد شاخص SNPI این است که این شاخص با عملکرد شرایط عدم تنش همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح ۵ درصد داشت ($r=۰/۳٤^{*}$) و این در حالی است که با عملکرد شرایط تنش، همبستگی بالاتری در سطح ۱ درصد ($r=۰/۹٤^{**}$) نشان داد. مفهوم این رابطه این است که انتخاب بر اساس این شاخص تاکید بر عملکرد بالا در هر دو شرایط، به ویژه عملکرد بالا در شرایط تنش دارد. بیشترین میزان همبستگی عملکرد در شرایط تنش با شاخص جدید SNPI است که نشان دهنده اهمیت این شاخص برای انتخاب لاین‌های مقاوم به خشکی می‌باشد. در این راستا برخی از محققین شاخص‌های MP، GMP و STI را به عنوان بهترین شاخص‌ها معرفی کردند (٤، ۹ و ٢٦). سنجری (۲۰۰۸) گزارش کرد که بین سه شاخص MP، GMP و STI و عملکرد در شرایط عدم تنش و تنش همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد. محققین دیگری در تحقیقات خود مطلوب‌ترین شاخص جهت انتخاب ژنوتیپ‌های گروه A را شاخص SNPI معرفی کردند (۲۵ و ۱). در مورد شاخص‌های دیگری نظیر SSI، TOL و SSPI با توجه به این که این شاخص‌ها همبستگی منفی با عملکرد در شرایط تنش داشتند، بنابراین نشان دهنده میزان حساسیت به خشکی می‌باشند و لاین‌هایی که دارای مقادیر کوچک‌تری از این شاخص‌ها هستند، بایستی به عنوان لاین‌های نسبتا متحمل انتخاب شوند. لاین‌هایی که بر اساس این شاخص‌ها انتخاب می‌شوند دارای عملکرد بالایی در شرایط تنش می‌باشند ولی عملکرد آن‌ها در شرایط عدم تنش پایین است، بنابراین انتخاب بر اساس این شاخص‌ها خیلی توصیه نمی‌شود.

تعیین لاین‌های متحمل و مقاوم بر اساس شاخص‌ها

به منظور معرفی لاین های مطلوب برای شرایط با بارندگی متغیر لازم است که با توجه به نتایج عملکرد در شرایط عدم تنش و تنش خشکی اقدام به معرفی لاین ها نمود. به این منظور شاخص‌های زیر برای ۲۰ لاین مورد نظر در این آزمایش، مورد بررسی قرار گرفت.

انتخاب بر اساس شاخص SSI

شاخص SSI، ژنوتیپ‌هایی را با مقدار عملکرد نسبتا کم در شرایط عدم تنش اما مقدار عملکرد نسبتا زیاد در شرایط تنش انتخاب می‌کند. مقدار بیشتر این شاخص

نشانگر حساسیت بیشتر یک ژنوتیپ به تنش است. مهم‌ترین نقص این شاخص این است که توانایی تفکیک گروه A از گروه C را ندارد (۱۷). به طوری که در گروه A کاهش مقدار SSI به خاطر افزایش محصول در هر دو شرایط بوده است، در حالی که علت این کاهش در گروه C به خاطر زیاد بودن مقدار نسبی محصول در شرایط تنش نسبت به شرایط عدم تنش می‌باشد (۲۵). بنابراین بر اساس این شاخص (جدول ۷)، لاین‌های شماره ۲، ۱۰ و ٤ به عنوان متحمل‌ترین لاین‌ها شناخته شدند. در شاخص SSI علاوه بر میزان عملکرد ارقام در شرایط تنش، تغییر یا آسیب وارده به ارقام در اثر تنش نیز مدنظر قرار می‌گیرد. یعنی اگر رقمی در هر دو شرایط تنش و عدم تنش دارای عملکرد بالاتری باشد اما درصد تغییر زیادی نشان دهد به عنوان لاین متحمل شناسایی نمی‌شود (۲).

انتخاب بر اساس شاخص‌های TOL و RDI

بر اساس شاخص TOL، ژنوتیپ‌هایی با عملکرد کم در شرایط عدم تنش ولی با عملکرد بالا در شرایط تنش انتخاب می‌گردند (گروه C). از این رو مانند شاخص قبلی نقص این شاخص هم عدم توانایی در تمایز گروه A از گروه C می‌باشد (۱۷). برای شاخص TOL، که مقدار کم آن نشان دهنده تحمل نسبی به تنش خشکی است، لاین‌های شماره ۱۰، ۲ و ٤ انتخاب گردیدند. از طریق شاخص RDI اگر مقدار این شاخص برای یک ژنوتیپ بزرگ‌تر از یک باشد، تحمل نسبتا خوبی به تنش خشکی دارد ولی اگر میزان عددی این شاخص کوچکتر از یک باشد در این صورت این ژنوتیپ حساس است (۱۸). بنابراین مطابق نتایج بدست آمده از طریق این شاخص (جدول ۷) نیز لاین‌های شماره ۲، ۱۰ و ٤ به عنوان متحمل‌ترین لاین‌ها شناسایی شدند.

انتخاب بر اساس شاخص SSPI

SSPI شاخص جدیدی است که تحمل نسبی ژنوتیپ‌ها به تنش خشکی را نشان می‌دهد. ماهیت این شاخص بر اساس مکانیسم بقای یک ژنوتیپ در شرایط تنش می‌باشد. خواه این ژنوتیپ عملکردی زیاد و یا عملکردی کم در دو شرایط عدم تنش و تنش داشته باشد. SSPI درصد تغییرات عملکرد را در دو شرایط تنش و غیر تنش مشخص می‌کند و به همین خاطر با استفاده از SSPI درصد تغییرات عملکرد ژنوتیپ‌ها در مقایسه با هم بهتر و راحت‌تر است و نشان می‌دهد که هر چقدر درصد تغییرات عملکرد یک ژنوتیپ یا به عبارتی SSPI یک ژنوتیپ کمتر باشد، آن ژنوتیپ متحمل‌تر است (۲۵). بر اساس این شاخص جدید، که ماهیتا شبیه TOL است (با این تفاوت که درصد تغییرات عملکرد ارقام را واضح‌تر نشان می‌دهد)، نیز لاین های شماره ۱۰، ۲ و ٤، به عنوان متحمل‌ترین لاین‌ها معرفی شدند (جدول ۷). این شاخص جهت انتخاب ژنوتیپ‌های با تحمل نسبی بالا معرفی گردید (۲۵).

انتخاب بر اساس شاخص MP

شاخص MP میانگین عملکرد برای یک ژنوتیپ در دو شرایط تنش و غیر تنش است. MP می‌تواند ژنوتیپ‌هایی با مقدار زیاد Y_P ولی مقدار نسبتا کم Y_S (گروه B) را انتخاب نماید و عیب عمده آن عدم توانایی تشخیص بین گروه A و B است (۳۰ و ۱۷). بر اساس این شاخص، لاین‌های شماره ۹، ۸ و ٦ به عنوان لاین‌های برتر انتخاب شدند. بر اساس شاخص MP، لاین‌های شماره ۹ و ۸ که بالاترین مقدار عملکرد را در شرایط نرمال به خود اختصاص داده‌اند به عنوان لاین‌های برتر انتخاب می‌گردند (جدول ۷). با وجود این که لاین شماره ۱۸ نسبت به لاین شماره ٦ از عملکرد بالاتری در شرایط عدم تنش برخوردار است اما عملکرد بسیار پایین‌تری را نیز در شرایط تنش دارا می باشد، بنابراین می توان گفت مطابق فرمول این شاخص که از طریق میانگین عملکرد در دو شرایط محاسبه می گردد، لاین شماره ٦ با داشتن عملکرد مطلوب در

شرایط عدم تنش و داشتن میزان عملکرد بالا در شرایط تنش خشکی بعد از لاین‌های شماره ۹ و ۸ قرار می‌گیرد.

انتخاب بر اساس شاخص‌های GMP و STI

GMP یعنی میانگین هندسی محصول در شرایط تنش و غیر تنش، برای تفکیک کردن گروه A از گروه‌های دیگر به کار می‌رود و از شاخص MP قوی‌تر است و بر اساس خاصیت میانگین هندسی است که کمتر تحت تاثیر داده‌های پرت قرار می‌گیرد، لذا شاخص GMP کمتر تحت تاثیر مقادیر متفاوت Y_P و Y_S قرار می‌گیرد. در مورد STI مقدار بزرگ این شاخص نشان دهنده یک تحمل نسبی زیاد است و بهترین مزیت این شاخص توانایی آن در مجزا کردن گروه A از گروه‌های دیگر می‌باشد (۲۵). مطابق نتایج (جدول ۷) برای شاخص‌های GMP و STI نیز همانند شاخص MP، لاین‌های شماره ۹، ۸ و ٦ به عنوان لاین‌های مطلوب‌تر انتخاب شدند.

انتخاب بر اساس شاخص SNPI

شاخص جدید SNPI تفکیک لاین‌های مورد بررسی را بهتر انجام داد به طوری که با تاکید بیشتر بر عملکرد شرایط تنش، به ترتیب میزان عملکرد در شرایط تنش و با در نظر گرفتن عملکرد بالا و قابل قبول شرایط عدم تنش، لاین‌های شماره ۹ (دارای بیشترین عملکرد در شرایط تنش)، ٤ و ٦ (دارای بیشترین عملکرد بعد از ۹) را انتخاب می‌نماید (جدول ۷). حال اگر از نظر عملکرد دو شرایط و تغییرات عملکرد، لاین‌های انتخابی توسط شاخص‌های قدیمی فوق و شاخص جدید SNPI با هم مقایسه گردد می‌بینیم که هم ترتیب لاین‌های انتخابی و هم نوع آن‌ها توسط شاخص SNPI بهتر بوده است، چرا که این شاخص به جای انتخاب لاین شماره ۸ که توسط شاخص‌های MP، GMP و STI انتخاب شد، لاین شماره ٤ را انتخاب نموده است که هم از عملکرد در شرایط تنش بیشتری نسبت به لاین شماره ۸ برخوردار است و هم در مقایسه با این لاین تغییرات عملکرد کمتری را دارا می‌باشد. SNPI ژنوتیپ‌ها را بر اساس داشتن دو خصوصیت به طور همزمان، یعنی داشتن عملکرد بالا و قابل قبول نسبی در شرایط تنش و غیر تنش و همچنین پایداری عملکرد (با تاکید بیشتر بر عملکرد شرایط تنش نسبت به عملکرد شرایط غیر تنش) مجزا و بررسی می‌کند. همبستگی قوی و معنی‌دار این شاخص با عملکرد در شرایط تنش نشان دهنده اهمیت دادن این شاخص به مقدار عملکرد شرایط تنش در حین توجه به میزان عملکرد شرایط غیر تنش است. هر چه مقدار عددی این شاخص بیشتر باشد، ژنوتیپ مورد نظر مطلوب‌تر یا مقاوم‌تر است (۲۵).

تجزیه به مولفه‌های اصلی و نمودار بای‌پلات شاخص‌ها

نتایج تجزیه به مولفه‌های اصلی (Principal Component Analysis (PCA نشان داد که بیش از ۹۹ درصد واریانس کل داده‌ها به واسطه دو مولفه اول توجیه می‌شود (جدول ۸). به طوری که مولفه اول به تنهایی بیش از ۵۷ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه کرد و مولفه دوم نیز بیش از ٤۲ درصد از تغییرات کل را توجیه نمود. بر اساس داده‌های (جدول ۸)، مولفه اول با Y_S، MP، GMP، STI، RDI و SNPI همبستگی منفی و معنی‌داری داشت که با توجه به این همبستگی منفی، مولفه اول "مولفه حساسیت به خشکی" نامیده شد که هر چقدر مقدار این مولفه کمتر باشد مطلوب‌تر است.

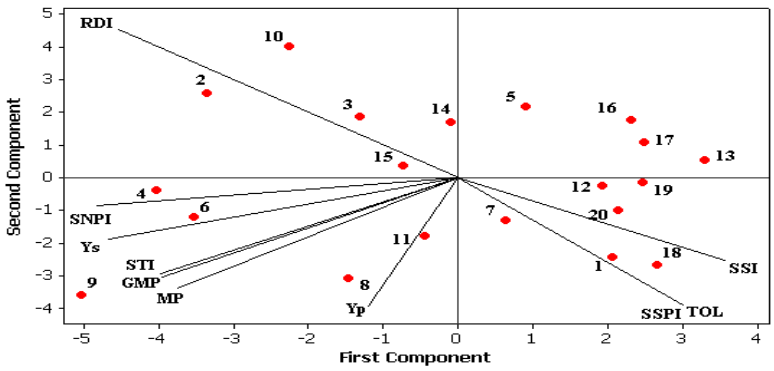
از طرفی دیگر با توجه به اینکه مولفه دوم با Y_P، Y_S، MP، GMP، STI و SNPI همبستگی منفی و معنی‌داری داشت، از این رو این مولفه "مولفه کاهش عملکرد در شرایط عدم تنش و تنش خشکی" نامیده شد که در این حالت نیز هر چه مقدار این مولفه کمتر باشد مطلوب‌تر است. بنابراین بر اساس رابطه مولفه‌ها و شاخص‌های مورد بررسی، مقادیر کمتر مولفه اول (حساسیت به تنش خشکی) و مولفه دوم (کاهش عملکرد در شرایط عدم تنش و تنش خشکی) مدنظر می‌باشد.

جدول ۷- تخمین تحمل به تنش خشکی لاین‌های جو به وسیله شاخص‌های تحمل به خشکی

لاین	Y_P	Y_S	SSI	رتبه	TOL	رتبه	MP	رتبه	GMP	رتبه	STI	رتبه	RDI	رتبه	SSPI	رتبه	SNPI	رتبه
۱	۶/۰۹	۳/۰۸	۱/۳۹	۱۹	۳/۰۱	۱۹	۴/۵۸	۷	۴/۳۳	۷	۰/۶۷	۷	۰/۷۸	۱۹	۲۸/۵۸	۱۹	۵/۵۱	۱۲
۲	۴/۱۵	۳/۶۱	۰/۳۶	۱	۰/۵۴	۲	۳/۸۸	۱۴	۳/۸۷	۱۳	۰/۵۴	۱۳	۱/۳۵	۱	۵/۰۸	۲	۹/۰۳	۴
۳	۴/۶۱	۳/۴۸	۰/۶۸	۵	۱/۱۳	۴	۴/۰۴	۱۲	۴/۰۰	۱۱	۰/۵۷	۱۱	۱/۱۷	۵	۱۰/۷۲	۴	۷/۲۲	۷
۴	۵/۴۰	۴/۴۴	۰/۴۹	۳	۰/۹۵	۳	۴/۹۲	۵	۴/۸۹	۴	۰/۸۶	۴	۱/۲۷	۳	۹/۰۶	۳	۱۰/۰۸	۲
۵	۴/۲۸	۲/۸۴	۰/۹۵	۹	۱/۴۴	۷	۳/۵۶	۱۹	۳/۴۹	۱۷	۰/۴۴	۱۷	۱/۰۲	۹	۱۳/۷۰	۷	۵/۴۶	۱۳
۶	۵/۹۹	۴/۵۷	۰/۶۶	۴	۱/۴۲	۶	۵/۲۸	۳	۵/۲۳	۳	۰/۹۸	۳	۱/۱۸	۴	۱۳/۵۰	۶	۹/۵۴	۳
۷	۵/۵۹	۳/۳۷	۱/۱۱	۱۲	۲/۲۲	۱۲	۴/۴۸	۸	۴/۳۴	۶	۰/۶۸	۶	۰/۹۳	۱۲	۲۱/۰۸	۱۲	۶/۲۳	۱۱
۸	۶/۶۲	۴/۲۵	۱/۰۰	۱۰	۲/۳۸	۱۷	۵/۴۳	۲	۵/۳۰	۲	۱/۰۱	۲	۰/۹۹	۱۰	۲۲/۵۱	۱۷	۸/۰۲	۶
۹	۷/۱۶	۵/۳۱	۰/۷۲	۶	۱/۸۵	۱۰	۶/۲۳	۱	۶/۱۶	۱	۱/۳۷	۱	۱/۱۵	۶	۱۷/۵۵	۱۰	۱۰/۸۲	۱
۱۰	۳/۸۳	۳/۳۰	۰/۳۹	۲	۰/۵۳	۱	۳/۵۶	۱۸	۳/۵۵	۱۶	۰/۴۵	۱۶	۱/۳۳	۲	۵/۰۵	۱	۸/۰۷	۵
۱۱	۶/۰۴	۳/۸۰	۱/۰۴	۱۱	۲/۲۵	۱۳	۴/۹۲	۴	۴/۷۹	۵	۰/۸۲	۵	۰/۹۷	۱۱	۲۱/۳۳	۱۳	۷/۱۱	۸
۱۲	۵/۲۱	۲/۹۲	۱/۲۴	۱۵	۲/۲۹	۱۴	۴/۰۶	۱۱	۳/۹۰	۱۲	۰/۵۵	۱۲	۰/۸۶	۱۵	۲۱/۷۷	۱۴	۵/۳۱	۱۶
۱۳	۴/۷۶	۲/۴۳	۱/۳۷	۱۸	۲/۳۲	۱۵	۳/۶۰	۱۶	۳/۴۰	۱۹	۰/۴۱	۱۹	۰/۷۹	۱۸	۲۲/۰۵	۱۵	۴/۳۷	۲۰
۱۴	۴/۵۷	۳/۱۸	۰/۸۵	۷	۱/۳۹	۵	۳/۸۹	۱۵	۳/۸۱	۱۴	۰/۵۲	۱۴	۱/۰۸	۷	۱۳/۱۸	۵	۶/۲۶	۱۰
۱۵	۵/۱۷	۳/۴۴	۰/۹۴	۸	۱/۷۴	۸	۴/۳۱	۹	۴/۲۲	۹	۰/۶۴	۹	۱/۰۳	۸	۱۶/۴۸	۸	۶/۶۰	۹
۱۶	۴/۳۱	۲/۵۲	۱/۱۶	۱۳	۱/۷۹	۹	۳/۴۲	۲۰	۳/۳۰	۲۰	۰/۳۹	۲۰	۰/۹۰	۱۳	۱۶/۹۶	۹	۴/۶۵	۱۹
۱۷	۴/۵۹	۲/۵۸	۱/۲۳	۱۴	۲/۰۱	۱۱	۳/۵۸	۱۷	۳/۴۴	۱۸	۰/۴۲	۱۸	۰/۸۷	۱۴	۱۹/۱۲	۱۱	۴/۷۰	۱۸
۱۸	۶/۲۲	۳/۰۱	۱/۴۵	۲۰	۳/۲۱	۲۰	۴/۶۱	۶	۴/۳۲	۸	۰/۶۷	۸	۰/۷۵	۲۰	۳۰/۴۴	۲۰	۵/۳۷	۱۴
۱۹	۵/۱۲	۲/۷۵	۱/۳۰	۱۶	۲/۳۷	۱۶	۳/۹۴	۱۳	۳/۷۵	۱۵	۰/۵۰	۱۵	۰/۸۳	۱۶	۲۲/۴۸	۱۶	۴/۹۸	۱۷
۲۰	۵/۵۲	۲/۹۶	۱/۳۱	۱۷	۲/۵۶	۱۸	۴/۲۴	۱۰	۴/۰۴	۱۰	۰/۵۹	۱۰	۰/۸۲	۱۷	۲۴/۳۰	۱۸	۵/۳۴	۱۵
میانگین	۵/۲۶	۳/۳۹																

جدول ۸- مقادیر دو مولفه اول برای عملکرد در شرایط عدم تنش، تنش خشکی و شاخص‌های تحمل به خشکی

مولفه‌ها	درصد از واریانس کل	Y_P	Y_S	SSI	TOL	MP	GMP	STI	RDI	SSPI	SNPI
۱	۵۷/۴	-۰/۰۸۱	-۰/۳۵۷	۰/۳۵۴	۰/۲۶۸	-۰/۲۳۱	-۰/۲۶۳	-۰/۲۶۵	-۰/۳۵۴	۰/۲۶۸	-۰/۳۹۲
۲	۴۲/۱	-۰/۴۵۵	-۰/۲۰۵	-۰/۰۶۹	-۰/۰۸۱	-۰/۳۲۹	-۰/۳۴۹	-۰/۳۴۴	۰/۲۰۹	-۰/۰۹۱	-۰/۳۶۵

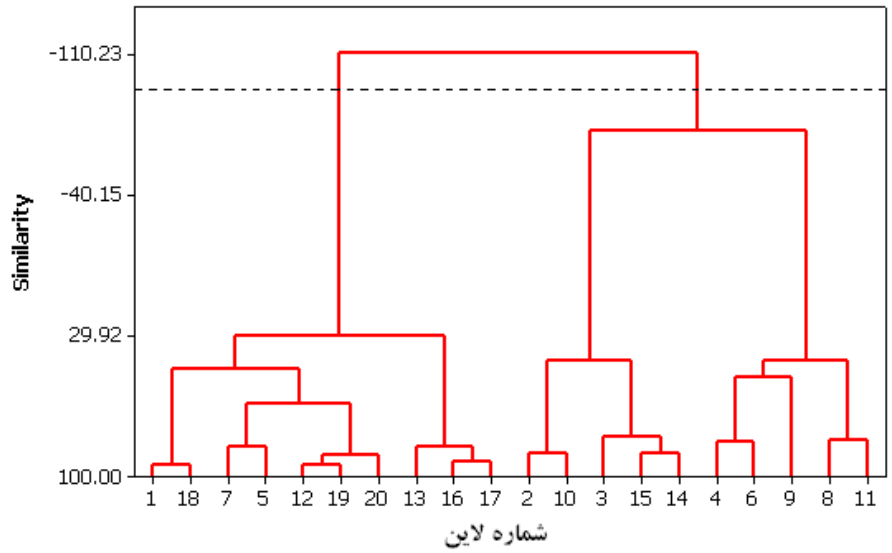


شکل ۱ - نمودار بای‌پلات ۲۰ لاین جو با ۸ شاخص تحمل به خشکی

از این رو ناحیه سوم نمودار بای‌پلات (شکل ۱) مورد نظر است و لاین‌ها و شاخص‌هایی که در این ناحیه قرار می‌گیرند به عنوان مطلوب‌ترین لاین‌ها و شاخص‌ها معرفی می‌شوند. بر اساس نتایج نمودار بای‌پلات، لاین‌های شماره ۹، ٤ و ٦، مقاوم‌ترین و لاین‌های شماره ۱۳، ۱٦ و ۱۷ به عنوان حساس‌ترین لاین‌ها معرفی شدند و شاخص‌های SNPI، STI، GMP و MP به ترتیب به عنوان بهترین شاخص‌های مورد بررسی انتخاب گردیدند. نکته قابل توجه در مورد شاخص‌های انتخابی این است که با وجود این که هر چهار شاخص SNPI، STI، GMP و MP در ناحیه سوم نمودار بای‌پلات قرار گرفته‌اند ولی قابل ذکر است که شاخص SNPI دارای بیشترین و شاخص MP دارای کمترین هم‌راستایی و همبستگی با عملکرد در شرایط تنش می‌باشد که خود نشان دهنده تاکید بیشتر شاخص SNPI نسبت به دیگر شاخص‌ها به مقدار عملکرد در شرایط تنش است. در کل بهترین شاخص‌ها شاخص‌های SNPI، STI، GMP و MP و مقاوم‌ترین لاین‌ها، لاین‌های ۹، ٤ و ٦ بودند. محققین دیگری نیز در آزمایشات خود از تجزیه به مولفه‌های اصلی استفاده کردند و اظهار داشتند که بیشترین تغییرات مورد نظر بین داده‌ها با دو مولفه اول بیان می‌شود (۷ و ۱۱).

ترسیم نمودار دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای لاین‌ها

برای گروهبندی لاین‌ها بر مبنای شاخص‌های قدیم و جدید تنش خشکی، از تجزیه کلاستر به روش Complete Linkage استفاده شد. در روش خوشه‌بندی بر اساس میزان شباهت مقادیر شاخص‌های مختلف، لاین‌های مورد بررسی به کلاسترهای جداگانه (دو خوشه) تقسیم بندی شدند (شکل ۲). مطابق نتیجه بدست آمده لاین‌های حساس و نسبتا حساس(۱، ۱۸، ۷، ۵، ۱۲، ۱۹، ۲۰، ۱۳، ۱٦ و ۱۷) در خوشه اول قرار گرفتند و لاین‌های مقاوم و نسبتا مقاوم (۲، ۱۰، ۳، ۱۵، ۱٤، ٤، ٦، ۹، ۸ و ۱۱) در خوشه دوم گروهبندی شدند، که نتایج تجزیه کلاستر نیز نتایج قبل را تایید می‌کند. تجزیه کلاستر به طور گسترده‌ای برای تشریح تنوع ژنتیکی و گروهبندی جوامع بر اساس صفات مشابه مورد استفاده قرار گرفته است (٦، ١٤ و ۳۳).



شکل ۲- گروه‌بندی ۲۰ لاین جو بر اساس میزان شباهت مقادیر شاخص‌های مختلف

نتیجه‌گیری

به طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که تنش رطوبتی از مرحله سنبله‌دهی تا رسیدگی دانه، اثر بارزی بر کاهش عملکرد دانه دارد. بنابراین به منظور جلوگیری از افت بالای عملکرد در شرایط تنش رطوبتی آخر فصل، باید لاین‌های زودرس، مقاوم به تنش رطوبتی و با پتانسیل عملکرد دانه بالا شناسایی و کشت گردند. لذا چون در این تحقیق لاین‌های شماره ۹، ٤ و ٦ واجد این خصوصیات بودند، جهت استفاده در برنامه‌های به نژادی در آینده پیشنهاد می‌شوند. نتایج انتخاب لاین‌ها بر اساس شاخص‌ها، نشان داد که چهار شاخص SNPI ، STI، GMP و MP به عنوان مطلوبترین شاخص‌ها شناسایی شدند که از بین آنها دو شاخص SNPI و STI بیشترین هم‌راستایی را با عملکرد تحت شرایط تنش رطوبتی داشتند.

منابع

۱. جلالی‌فر، س.، ۱۳۹۱. ارزیابی تحمل به تنش خشکی در برخی ارقام گندم نان با استفاده از شاخص‌های قدیم و جدید. مجله فناوری تولیدات گیاهی. جلد ۱۲، شماره ۱. ۲٦-۱۵.

۲. چوگان، ر.، ت.، طاهرخانی، م. ر.، قنادها و م. خدارحمی، ۱۳۸۵. ارزیابی تحمل به خشکی در لاین‌های ذرت دانه‌ای با استفاده از شاخص‌های تحمل به تنش خشکی. مجله علوم زراعی ایران. جلد ۸، شماره ۱. ۸۹-۷۹.

۳. خدابنده، ن.، ۱۳۹۰. غلات. انتشارات دانشگاه تهران. ۵۳۷ صفحه.

٤. دستفال، م.، و.، براتی، ی.، امام، ح.، حقیقت‌نیا، و م. رمضان‌پور، ۱۳۹۰. ارزیابی عملکرد دانه و اجزای آن در ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش خشکی انتهای فصل در منطقه داراب. مجله به‌زراعی نهال و بذر. جلد ۲-۲۷، شماره ۲. ۲۱۷-۱۹۵.

۵. زارع، م.، ح.، زینالی خانقاه و ج. دانشیان، ۱۳۸۳. ارزیابی تحمل برخی ژنوتیپ‌های سویا به تنش خشکی. مجله علوم کشاورزی ایران.جلد ۳۵، شماره ٤. ۸۶۷-۸۵۹.

٦. سوری، ج.، ح.، دهقانی و س. ح. صباغ‌پور، ۱۳۸٤. مطالعه ژنوتیپ‌های نخود در شرایط تنش آبی. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۳٦، شماره ۲. ۱۵۲۷-۱۵۱۷.

۷. عسکر، م.، ا.، یزدان‌سپاس و ا. امینی، ۱۳۸۹. ارزیابی ژنوتیپ‌های گندم نان زمستانه و بینابین در شرایط آبیاری نرمال و تنش قطع آبیاری پس از مرحله گلدهی. مجله به‌نژادی نهال و بذر. جلد ۱-۲٦، شماره ۳. ۳۲۹-۳۱۳.

۸. عیوضی، ع.، ش.، عبدالهی، س. ق.، حسینی سالکده، ا.، مجیدی‌هروان، و س. ا محمدی، ۱۳۸٤. بررسی تنش خشکی و شوری بر برخی صفات زراعی و فیزیولوژیک در ارقام جو. مجله نهال و بذر. جلد ۲۱، شماره ۳. ٤۵٦-٤٤۱.

۹. کرمی، ع.، م. ر.، قنادها، م. ر.، نقوی و م. مردی، ۱۳۸۵. شناسایی ارقام متحمل به خشکی در جو. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۱-۳۷، شماره ۲. ۳۷۹-۳۷۱.

۱۰. گلپرور، ا، ح.، ۱۳۷۹. ارزیابی تعدادی از ژنوتیپ‌های گندم کلکسیون در دو محیط بدون تنش و تنش خشکی در تعیین صفات گزنش در دو محیط. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران. کرج. ایران.

۱۱. متقی، م.، گ.، نجفیان، و م. ر. بی‌همتا ۱۳۸۸. اثر تنش خشکی آخر فصل بر عملکرد دانه و کیفیت نانوایی ژنوتیپ‌های گندم هگزاپلویید. مجله علوم زراعی ایران. جلد ۱۱، شماره ۳. ۳۰٦-۲۹۰.

۱۲. محمدی، آ.، م. ر.، بی‌همتا، م.، سلوکی و ح. ر. دری، ۱۳۸۷. بررسی صفات کمی و کیفی ژنوتیپ‌های لوبیا سفید و رابطه آن‌ها با عملکرد در شرایط آبیاری بهینه و محدود. مجله علوم زراعی ایران. جلد ۱۰، شماره ۳. ۲۴۳-۲۳۱.

۱۳. مقـدم، ع.، و م. ح. هـادی‌زاده، ۱۳۸۱. عکـس العمـل هیبریدهای ذرت و لاین‌های والدی آن‌ها به خشکی بـا استفاده از شاخص های مختلف تحمل به تـنش. مجلـه نهال و بذر. جلد ۱۸، شماره ۳. ۲۷۲-۲۵۵.

۱٤. ملـک‌شـاهی، ف.، ح.، دهقـانی و ب. علیـزاده، ۱۳۸۸. مطالعه شاخص‌های تحمل به خشکی در برخـی ارقـام پاییزه کلـزا. مجلـه علـوم و فنـون کشـاورزی و منـابع طبیعی. جلد ۱۳، شماره ٤۸. ۸۹-۷۷.

15. Blum, A., 1996. Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. Plant Growth Regulation, 20: 135 - 148.

16. Byrne, P. F., J. Bolanos, G. O. Edmeades, and, D. L. Eaton, 1995. Gains from selection under drought versus multi-location testing in related tropical maize populations. Crop Science, 35: 63 -693.

17. Fernandez, G. C. J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In Kuo CG, Ed .Adaptation of Food Crops to inTemperature and Water Stress. Shanhua: Asian Vegetable Research and Development Center, Taiwan, Publ. No 93-410, 257-270.

18. Fischer, R. A. and R. Maurer, 1978. Drought resistance in spring wheat .I:grain yield responses. Australian Journal of Agricultural Research, 29: 897-912.

19. Fischer R. A., and J. T. Wood, 1979. Drought resistance in spring wheat cultivars III Yield association with morpho-physiological traits. Australian Journal of Agricultural Research. 30: 1001–1020.

20. Golparvar, A. R. 2000. Evaluation of some genotypes of wheat under drought stressed and non-stressed conditions and determination of the most suitable selection criteria in both conditions. MSc. Thesis, College of Agriculture, University of Tehran, Karaj, Iran.

21. Grando, S., and S. Ceccarelli, 1995. Seminal root morphology and coleoptile length in wild (*Hordeum vulgare* ssp. Spontaneum) and cultivated (*Hordeum vulgare* ssp. Vulgare) barely. Euphytica, 83: 73-85.

22. Guo, P. G., Baum, M., Li, R. H. Grando, S., Varshney, R. K., Valkoum, J., Ceccarelli, S. and Graner, A. 2007. Differentilly expressed genes between two barley cultivars contrasting in drought tolerance. Molecular Plant Breeding, 5(2): 181-183.

23. Hamam, K. A. M. 2004. Improving crop varieties of spring barley for drought and heat tolerance with AB-QTL analysis. Ph.D. Thesis. Bonn, Germany, 139p.

24. Hessadi, P. 2006. Selection for drought resistance in lines of barley in Kermanshah region. Journal of Agriculturl region. Journal of Agricultural Sciences, 1: 143-153.

25. Moosavi, S. S., B. Yazdi Samadi, M. R. Naghavi, A. A. Zali, H. Dashti, and A. Pourshahbazi, 2008. Introduction of new indices to identify relative drought tolerance and resistance in wheat genotypes. Desert, 12: 165-178.

26. Naeemi, M., G. H. A. Akbari, A. H. Shirani Rad, S. A. M. Modares Sanavi, S. A. Sadat Nuri, and H. Jabari, 2008. Evaluation of drought tolerance in different Canola cultivars based on stress evaluation indices in terminal growth duration. Electronic Journal of Crop Production, 1(3): 83-98.

27. Rajaram, S., R. L. Villareal, and A. Mujeeb-Kazi, 1990. The global impact of 1B/1R spring wheat. In: 1990. Agronomy abstracts. ASA, Madison, WI, p. 105.

28. Rathjen, A. J., 1994. The biological basis of genotype - environment interaction: its definition and management proceedings of the Seventh Assembly of the Wheat Breeding Society of Australia, Adelaide, Australia.

29. Richards, R. A., and Z. Lukacs, 2002. Seedling vigor in wheat - sources of variation for genetic and agronomic improvement. Australia Journal of Agricultural Research, 53: 41-50.

30. Rosielle, A. A., and J. Hamblin, 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non stress environment. Crop Science, 21: 943-946.

31. Sanjari, P. A., and A. Yazdansepas, 2008. Mobilization of dry matter and its relation with drought stress in wheat genotypes. Journal of Agricultural Science and Technology, 11(2): 121-129.

32. Sinebo,W., 2002. Yield relationships of barleys grown in a tropical highland environment. Crop Science, 42: 428-437.

33. Yong, Z., Y. Z. He, A. Zhang, M. Van Ginkel, and G. Ye, 2006. Pattern analysis on grain yield performance of Chinese and CIMMYT spring wheat cultivars sown in China and CIMMYT. Euphytica, 147: 409-420.

34. Zhong, H., and S. Rajaram, 1994. Differential responses of breed wheat characters to high temperature. Euphytica, 74: 197-203.

Evaluation of Tolerance to Terminal Moisture Stress in 20 Barley Promising Lines

M. Zahedino[1], S. S. Moosavi[2*], M. Chaichi[3], H. Mazaherylaghab[4], and M. R. Abdolahi[2]

1. M. Sc. student of Bu- Ali Sina University, Hamedan, Iran.
2. Assistant Professor of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, BU-Ali Sina University, Hamedan, Iran.
3. M. Sc. of Hamedan agriculture and natural resources research center, Hamedan, Iran.
4. Associate Professor of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, BU-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

Abstract

In order to evaluate the effect of terminal moisture stress on 20 barley promising lines (*Hordeum vulgare*) and for determination of their relative tolerance, an experiment was conducted based on randomized complete blocks design with three replications in growing season of 2010-2011. In this research some old indices such as, stress susceptibility index (SSI), tolerance index (TOL), mean product (MP), geometric mean product (GMP), stress tolerance index (STI), relative drought index (RDI) and two new indices namely, stress susceptibility percentage index (SSPI) and stress non-stress productivity index (SNPI) were used. The lines differences were significant for yield under both non-stress and stress conditions. The results also showed that the indices of MP, GMP, STI and SNPI were significantly correlated to Y_p and Y_s. Therefore, the above-mentioned indices are the best ones for selection of lines with high yield under non- stress and moisture stress conditions. The results of principal component analysis indicated that the lines number of 10, 4 and 6 were the most resistant lines and the lines number of 13, 16 and 17 were the most sensitive lines. In addition, bi-plot results indicated that MP, GMP, STI and SNPI indices had the most alignment with the yield of lines under stress conditions (Y_s). Therefore, theses indices are the best ones for resistant lines with high yield under moisture stress conditions. In cluster analysis, examined lines were generally grouped in two clusters, so that susceptible and relatively susceptible lines underwent in the first cluster and resistant and relatively resistant lines underwent in the second cluster. Finally, SNPI, STI, GMP and MP indices were the best ones and the line of number 10, 4 and 6 were the most resistant lines, respectively.

Keywords: Barley, Drought resistance indices, Terminal moisture stress